

## SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

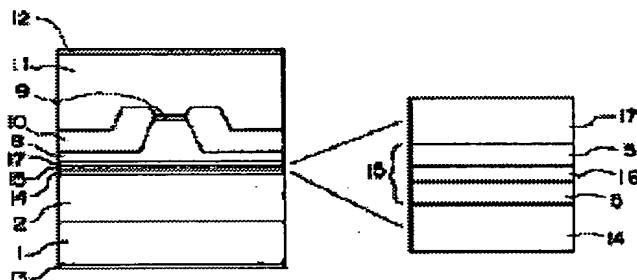
Patent number: JP10215021  
Publication date: 1998-08-11  
Inventor: WATANABE MINORU  
Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO  
Classification:  
- international: H01S3/18  
- european:  
Application number: JP19970016824 19970130  
Priority number(s): JP19970016824 19970130

Report a data error here

### Abstract of JP10215021

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a semiconductor laser device which prevents a drop in a transverse electric(TE)/transverse magnetic(TM) polarization intensity ratio due to a difference in thermal expansion coefficients.

**SOLUTION:** An n-type clad layer 2, a light guide layer 14, a multiple quantum well active layer 15, a light guide layer 17 and a p-type clad layer 8 are formed on an n-type GaAs substrate 1. The multiple quantum well active layer 15 is constituted of two well layers 5 and of a barrier layer 16 between the respective well layers 5. The p-type clad layer 8 comprises a stripe-shaped ridge. An n-type current blocking layer 10 which has a function to block a current and whose coefficient of thermal expansion is larger than that of the p-type clad layer 8 is formed on both side faces of the ridge at the p-type clad layer 8. An optical intensity in a TE mode is larger than an optical intensity in a TM mode, and the light guide layers 14, 17 and the barrier layer 16 have a tensile strain with reference to the well layers 5.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-215021

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月11日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H01S 3/18

識別記号

F I

H01S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-16824

(22) 出願日 平成9年(1997) 1月30日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 渡邊 実

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝川崎事業所内

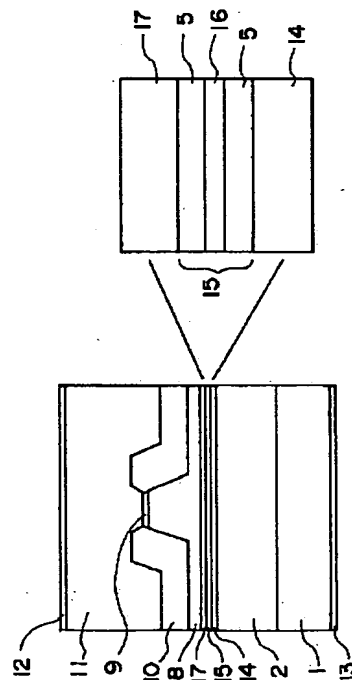
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外 6 名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 熱膨張係数の相違によるTE/TM偏光強度比の低下を防ぐ。

【解決手段】 n型GaAs基板1上には、n型クラッド層2、光ガイド層14、多重量子井戸活性層15、光ガイド層17及びp型クラッド層8が形成される。多重量子井戸活性層15は、2つの井戸層5と各井戸層5の間の障壁層16とから構成される。p型クラッド層8は、ストライプ状のリッジを有する。p型クラッド層8のリッジの両側面には、電流を阻止する機能を有し、p型クラッド層8よりも熱膨張係数大きいn型の電流ブロック層10が形成される。TEモードの光強度は、TMモードの光強度よりも大きく、光ガイド層14、17及び障壁層16は、井戸層5に対して引っ張り歪みを有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1導電型の基板と、前記基板上に形成される第1導電型の第1クラッド層と、前記第1クラッド層上に形成される第1光ガイド層と、前記第1光ガイド層上に形成され、 $n$  ( $n$ は2以上の自然数)層の井戸層と前記 $n$ 層の井戸層の間の( $n-1$ )層の障壁層とから構成される多重量子井戸活性層と、前記多重量子井戸活性層上に形成される第2光ガイド層と、前記第2光ガイド層上に形成され、ストライプ状のリッジを有する第2導電型の第2クラッド層と、前記第2クラッド層のリッジの両側面に形成され、電流を阻止する機能を有し、前記第2クラッド層よりも熱膨張係数が大きい第1導電型の電流ブロック層と、前記第2クラッド層のリッジ上及び前記電流ブロック層上に形成されるコンタクト層とから構成され、前記多重量子井戸活性層から放出されるレーザ光が、TMモードの強度よりもTEモードの強度の方が大きい半導体レーザ装置において、前記第1光ガイド層、前記第2光ガイド層、及び前記( $n-1$ )層の障壁層の少なくとも1つが、前記 $n$ 層の井戸層に対して引っ張り歪みを有していることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 前記第1光ガイド層が前記基板に対して引っ張り歪みを有している場合、前記第1クラッド層は、前記基板に対して引っ張り歪みを有している第1部分を持ち、前記第1部分は、前記第1光ガイド層に隣接していることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】 前記第2光ガイド層が前記基板に対して引っ張り歪みを有している場合、前記第2クラッド層は、前記基板に対して引っ張り歪みを有している第2部分を持ち、前記第2部分は、前記第2光ガイド層に隣接していることを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】 前記第1光ガイド層、前記第2光ガイド層、及び前記( $n-1$ )層の障壁層の全てが、前記基板に対して引っ張り歪みを有していることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】 前記第1光ガイド層、前記第2光ガイド層、前記( $n-1$ )層の障壁層、前記第1部分、及び前記第2部分のうち、前記基板に対して引っ張り歪みを有している第3部分の合計の膜厚を $d$ 、前記 $n$ 層の井戸層の膜厚を $L_w$ とし、前記 $n$ 層の井戸層の合計の膜厚を $n \times L_w$ とした場合に、前記引っ張り歪みは、 $0.0097 \times n \times L_w / d$ 以上となるように設定されることを特徴とする請求項3記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】 前記 $n$ は、2であることを特徴とする請求項5記載の半導体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光情報処理、光計

測などの光源として用いられる半導体レーザ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、 $0.6\mu\text{m}$ 帯に発振波長を持つInGaAlP系の材料を用いた赤色半導体レーザ装置が製品化され、高密度光ディスク装置、レーザビームプリンタ、バーコードリーダ、光計測装置などの光源として期待されている。高密度光ディスク装置の光源としては、TM(transverse magnetic)光に対するTE(transverse electric)光の強度比、即ち、TE/TM偏光強度比を高くすることが望まれている。

【0003】図7は、従来の半導体レーザ装置の一例を示している。本例では、 $680\text{nm}$ 帯に発振波長を持つ半導体レーザ装置について説明することにする。

【0004】 $n$ 型GaAs基板1上には、約 $1.7\mu\text{m}$ の膜厚を有し、 $n$ 型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ から構成されるクラッド層2が形成されている。このクラッド層2上には、約 $25\text{nm}$ の膜厚を有し、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ から構成される光ガイド層3が形成されている。光ガイド層3上には、多重量子井戸活性層4が形成されている。

【0005】この多重量子井戸活性層4は、約 $6.5\text{nm}$ の膜厚を有し、InGaPから構成される2つの井戸層5と、これら井戸層5の間に配置され、約 $4.0\text{nm}$ の膜厚を有し、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ から構成される障壁層6とから構成されている。井戸層5は、障壁層6よりも禁制帯幅が小さくなるように設定されている。

【0006】多重量子井戸活性層4上には、約 $25\text{nm}$ の膜厚を有し、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}\text{P}$ から構成される光ガイド層7が形成されている。光ガイド層7上には、 $p$ 型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ から構成されるクラッド層8が形成されている。クラッド層8は、膜厚が約 $1.7\mu\text{m}$ のリッジ部分と、このリッジ部分の両側の膜厚が約 $0.25\mu\text{m}$ の部分とから構成される。

【0007】クラッド層8のリッジ部分上には、約 $50\text{nm}$ の膜厚を有し、InGaPから構成されるコンタクト層9が形成されている。クラッド層8のリッジ部分の両側には、約 $1.0\mu\text{m}$ の膜厚を有し、 $n$ 型のGaAsから構成される電流ブロック層10が形成されている。コンタクト層9上及び電流ブロック層10上には、約 $3.0\mu\text{m}$ の膜厚を有し、 $p$ 型のGaAsから構成されるコンタクト層11が形成されている。

【0008】コンタクト層11には、例えば、AuZnとAuの積層から構成される $p$ 極電極12がコンタクトし、GaAs基板1には、例えば、AuGeとAuの積層から構成される $n$ 極電極13がコンタクトしている。

【0009】上記構成の半導体レーザ装置において、2

3

つの井戸層5は、クラッド層2、8、光ガイド層3、7及び障壁層6に対して、圧縮歪み約+0.7%を有している。圧縮歪みとは、基板に対して、対象となる層(井戸層)が、各層の界面に平行な方向に圧縮されるような力を受ける歪みのことであり、言い換えれば、基板の格子定数を $a$ とし、対象となる層(井戸層)の格子定数を $a'$ とした場合に、 $\Delta a/a = (a' - a)/a$ がプラスとなるような歪みを意味している。

【0010】この井戸層5の圧縮歪みは、TEモードの光強度を、TMモードの光強度よりも十分に大きく設定するため、即ち、TE/TM偏光強度比を十分に高くするために設けられるものである。

【0011】図8は、図7の各層におけるAlの組成比、及び各層における歪みの程度を示している。InGaAlP系の材料を用いた場合、歪みの量は、例えば、Inの組成比を変えることにより変化させることができる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】図7の半導体レーザ装置では、クラッド層8は、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ から構成され、電流ブロック層10は、GaAsから構成される。しかし、GaAsの熱膨張係数は、 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ の熱膨張係数よりも大きい。

【0013】従って、例えば、GaAsを摂氏600℃以上の高温状態で形成した後、室温まで温度を下げると、図9の矢印に示すように、GaAsは、収縮し、クラッド層8のリッジ部分には、多重量子井戸活性層4側に向かう方向にストレスが加わる。

【0014】このストレスは、多重量子井戸活性層4を、この層の界面に平行な方向に引っ張るように働く。即ち、多重量子井戸活性層4の2つの井戸層(圧縮歪み約+0.7%)に、このような引っ張り応力が働くと、等価的に2つの井戸層に引っ張り歪みが生じたのと同様の効果が生じ、バンド構造が変化し、TMモードの発光が起こり易くなる。

【0015】つまり、図10に示すように、例えば、光出力3mW時のTE/TM偏光強度比の分布は、約20をピークとするような低い値に集中してしまう。本発明は、上記欠点を解決すべくなされたもので、その目的は、材料の熱膨張係数に起因する歪みによってTMモードの発光が起こり易くなる現象を防止し、TE/TM偏光強度比の分布が、高い値に集中するような半導体レーザ装置を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の半導体レーザ装置は、第1導電型の基板と、前記基板上に形成される第1導電型の第1クラッド層と、前記第1クラッド層上に形成される第1光ガイド層と、前記第1光ガイド層上に形成され、 $n$ ( $n$ は2以

4

上の自然数)層の井戸層と前記 $n$ 層の井戸層の間の( $n-1$ )層の障壁層とから構成される多重量子井戸活性層と、前記多重量子井戸活性層上に形成される第2光ガイド層と、前記第2光ガイド層上に形成され、ストライプ状のリッジを有する第2導電型の第2クラッド層と、前記第2クラッド層のリッジの両側面に形成され、電流を阻止する機能を有し、前記第2クラッド層よりも熱膨張係数が大きい第1導電型の電流ブロック層と、前記第2クラッド層のリッジ上及び前記電流ブロック層上に形成されるコンタクト層とから構成され、前記多重量子井戸活性層から放出されるレーザ光が、TMモードの強度よりもTEモードの強度の方が大きく、かつ前記第1光ガイド層、前記第2光ガイド層、及び前記( $n-1$ )層の障壁層の少なくとも1つが、前記 $n$ 層の井戸層に対して引っ張り歪みを有しているものである。

【0017】前記第1光ガイド層が前記基板に対して引っ張り歪みを有している場合、前記第1クラッド層は、前記基板に対して引っ張り歪みを有している第1部分を持ち、前記第1部分は、前記第1光ガイド層に隣接している。

【0018】前記第2光ガイド層が前記基板に対して引っ張り歪みを有している場合、前記第2クラッド層は、前記基板に対して引っ張り歪みを有している第2部分を持ち、前記第2部分は、前記第2光ガイド層に隣接している。

【0019】前記第1光ガイド層、前記第2光ガイド層、及び前記( $n-1$ )層の障壁層の全てが、前記基板に対して引っ張り歪みを有している。前記第1光ガイド層、前記第2光ガイド層、前記( $n-1$ )層の障壁層、前記第1部分、及び前記第2部分のうち、前記基板に対して引っ張り歪みを有している第3部分の合計の膜厚を $d$ 、前記 $n$ 層の井戸層の膜厚を $L_w$ とし、前記第 $n$ 層の井戸層の合計の膜厚を $n \times L_w$ とした場合に、前記引っ張り歪みは、 $0.0097 \times n \times L_w / d$ 以上となるように設定される。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明の半導体レーザ装置について詳細に説明する。図1は、本発明の第1実施の形態に関わる半導体レーザ装置を示している。

【0021】本実施の形態では、従来の技術の説明と同様に、680nm帯に発振波長を持つ半導体レーザ装置について説明することにする。 $n$ 型GaAs基板1上には、約 $1.7\mu\text{m}$ の膜厚を有し、 $n$ 型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ から構成されるクラッド層2が形成されている。このクラッド層2上には、約25nmの膜厚を有し、 $\text{In}_{1-x}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_x\text{P}$ から構成される光ガイド層14が形成されている。

【0022】本実施の形態の構造が従来の構造と異なる第1の点は、光ガイド層14が引っ張り歪みを有してい

ることにある。本実施の形態における引っ張り歪みとは、基板1に対して、対象となる層（例えば、光ガイド層14）が、各層の界面に平行な方向に引っ張られるような力を受ける歪みのことであり、言い換えれば、基板1の格子定数を $a$ とし、対象となる層の格子定数を $a'$ とした場合に、 $\Delta a/a = (a' - a)/a$ がマエナスとなるような歪みを意味している。

【0023】各層の格子定数（歪みの量）は、各層を構成するInGaAlP系の材料の組成比、例えば、Inの組成比 $(1-x)$ を変えることにより変化させることができる。本実施の形態では、光ガイド層14の引っ張り歪みは、約-0.6%に設定している。

【0024】光ガイド層14上には、多重量子井戸活性層15が形成されている。この多重量子井戸活性層15は、約6.5nmの膜厚を有し、InGaPから構成される2つの井戸層5と、これら井戸層5の間に配置され、約4.0nmの膜厚を有し、 $\text{In}_{1-x}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_x\text{P}$ から構成される障壁層16とから構成されている。各井戸層5は、障壁層16よりも禁制帯幅が小さくなるように設定されている。

【0025】また、2つの井戸層5は、従来と同様に、約+0.7%の圧縮歪みを有している。本実施の形態における圧縮歪みとは、基板1に対して、対象となる層（井戸層5）が、各層の界面に平行な方向に圧縮されるような力を受ける歪みのことであり、言い換えれば、基板1の格子定数を $a$ とし、対象となる層の格子定数を $a'$ とした場合に、 $\Delta a/a = (a' - a)/a$ がプラスとなるような歪みを意味している。

【0026】各層の格子定数（歪みの量）は、各層を構成するInGaAlP系の材料の組成比、例えば、Inの組成比を変えることにより変化させることができる。本実施の形態の構造が従来の構造と異なる第2の点は、障壁層16が、約-0.6%の引っ張り歪み $\Delta a/a$ を有していることにある。歪みの量は、例えば、障壁層16を構成するInの組成比 $(1-x)$ を変えることにより変化させることができる。

【0027】多重量子井戸活性層15上には、約25nmの膜厚を有し、 $\text{In}_{1-x}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_x\text{P}$ から構成される光ガイド層17が形成されている。本実施の形態の構造が従来の構造と異なる第3の点は、光ガイド層17が、約-0.6%の引っ張り歪み $\Delta a/a$ を有していることにある。歪みの量は、例えば、光ガイド層17を構成するInの組成比 $(1-x)$ を変えることにより変化させることができる。

【0028】光ガイド層17上には、p型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}\text{P}$ から構成されるクラッド層8が形成されている。クラッド層8は、膜厚が約1.7 $\mu\text{m}$ のリッジ部分と、このリッジ部分の両側の膜厚が約0.25 $\mu\text{m}$ の部分とから構成される。

【0029】クラッド層8のリッジ部分上には、約5.0

nmの膜厚を有し、InGaPから構成されるコンタクト層9が形成されている。クラッド層8のリッジ部分の両側には、約1.0 $\mu\text{m}$ の膜厚を有し、n型のGaAsから構成される電流ブロック層10が形成されている。コンタクト層9上及び電流ブロック層10上には、約3.0 $\mu\text{m}$ の膜厚を有し、p型のGaAsから構成されるコンタクト層11が形成されている。

【0030】コンタクト層11には、例えば、AuZnとAuの積層から構成されるp極電極12がコンタクトし、GaAs基板1には、例えば、AuGeとAuの積層から構成されるn極電極13がコンタクトしている。

【0031】上記構成の半導体レーザ装置の特徴は、圧縮歪み+0.7%を有する2つの井戸層5にコンタクトする光ガイド層14、17及び障壁層16が、それぞれ引っ張り歪み（例えば、約-0.6%）を有するように、これら光ガイド層14、17及び障壁層16を形成した点にある。

【0032】つまり、従来の問題点が、クラッド層8のリッジ部分からのストレスに起因し、等価的に2つの井戸層5に引っ張り歪みが生じていた点に鑑み、本発明では、図2に示すように、予め、2つの井戸層5にコンタクトする光ガイド層14、17及び障壁層16に引っ張り歪みを入れておくことにより、等価的に2つの井戸層5に圧縮歪みが生じるように構成したものである。

【0033】従って、クラッド層8のリッジ部分からのストレスに起因する2つの井戸層5の引っ張り歪みは、光ガイド層14、17及び障壁層16の引っ張り歪みによって2つの井戸層5に等価的に生じる圧縮歪みにより相殺することができる。

【0034】これにより、材料の熱膨張係数に起因する井戸層の歪みはなくなるため、TEモードの光強度がTMモードの光強度よりも大きい半導体レーザ装置において、TMモードの発光が起こり易くなる現象が回避され、TE/TM偏光強度比の分布を、高い値に集中させることができる。

【0035】なお、引っ張り歪みを有する層は、光ガイド層14、17及び障壁層16のうちの少なくとも1つであれば足りる。また、引っ張り歪みの量を多く入れる必要がある場合には、基板1と離れた層（リッジ部分に近い層）に引っ張り歪みを入れるのがよい。引っ張り歪みは、基板1と離れた層の方が、基板1に近い層よりも入れ易いからである。また、引っ張り歪みは、層の厚さが薄いものの方が厚いものよりも入れ易いと考えられる。

【0036】図3は、図1の各層におけるAlの組成比及び歪み $\Delta a/a$ の程度を示している。本発明では、光ガイド層14、17及び障壁層16がそれぞれ引っ張り歪み約-0.6%を有するように構成している。また、2つの井戸層5は、それぞれ圧縮歪み約+0.7%を有するように構成されている。

10

20

30

40

50

7

【0037】図4は、本発明の第2実施の形態に関わる半導体レーザ装置を示している。本実施の形態では、従来の技術の説明と同様に、680nm帯に発振波長を持つ半導体レーザ装置について説明することにする。

【0038】本実施の形態は、上述の第1実施の形態と比較すると、引っ張り歪みを設ける層をさらに拡張した点が相違している。n型GaAs基板1上には、約1.6μmの膜厚を有し、n型のIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>0.5</sub>Pから構成されるクラッド層2が形成されている。クラッド層2上には、約0.1μmの膜厚を有し、n型のIn<sub>1-y</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>y</sub>Pから構成され、引っ張り歪み約-0.2%のクラッド層18が形成されている。

【0039】各層の格子定数(歪みの量)は、各層を構成するInGaAlP系の材料の組成比、例えば、Inの組成比を変えることにより変化させることができる。クラッド層18上には、約25nmの膜厚を有し、In<sub>1-y</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>y</sub>Pから構成され、引っ張り歪み約-0.2%の光ガイド層19が形成されている。

【0040】光ガイド層19上には、多重量子井戸活性層20が形成されている。この多重量子井戸活性層20は、約6.5nmの膜厚を有し、InGaPから構成される2つの井戸層5と、これら井戸層5の間に配置され、約4.0nmの膜厚を有し、In<sub>1-y</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>y</sub>Pから構成され、引っ張り歪み約-0.2%の障壁層21とから構成されている。各井戸層5は、障壁層21よりも禁制帯幅が小さくなるように設定されている。

【0041】また、2つの井戸層5は、従来と同様に、約+0.7%の圧縮歪みを有している。各層の格子定数(歪みの量)は、各層を構成するInGaAlP系の材料の組成比、例えば、Inの組成比を変えることにより変化させることができる。

【0042】多重量子井戸活性層20上には、約25nmの膜厚を有し、In<sub>1-y</sub>(Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)<sub>y</sub>Pから構成され、引っ張り歪み約-0.2%の光ガイド層22が形成されている。

【0043】光ガイド層22上には、約0.1μmの膜厚を有し、p型のIn<sub>1-y</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>y</sub>Pから構成され、引っ張り歪み約-0.2%のクラッド層23が形成されている。クラッド層23上には、p型のIn<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>0.5</sub>Pから構成されるクラッド層8が形成されている。クラッド層8は、膜厚が約1.6μmのリッジ部分と、このリッジ部分の両側の膜厚が約0.15μmの部分とから構成される。

【0044】クラッド層8のリッジ部分上には、約50nmの膜厚を有し、InGaPから構成されるコンタクト層9が形成されている。クラッド層8のリッジ部分の両側には、約1.0μmの膜厚を有し、n型のGaAsから構成される電流ブロック層10が形成されている。

8

コンタクト層9上及び電流ブロック層10上には、約3.0μmの膜厚を有し、p型のGaAsから構成されるコンタクト層11が形成されている。

【0045】コンタクト層11には、例えば、AuZnとAuの積層から構成されるp極電極12がコンタクトし、GaAs基板1には、例えば、AuGeとAuの積層から構成されるn極電極13がコンタクトしている。

【0046】上記構成の半導体レーザ装置の特徴は、圧縮歪み+0.7%を有する2つの井戸層5に隣接するクラッド層2、8の一部(即ち、クラッド層18、23)、光ガイド層19、22及び障壁層21が、それぞれ引っ張り歪み(例えば、約-0.2%)を有するように、これらクラッド層18、23、光ガイド層19、22及び障壁層21を形成した点にある。

【0047】つまり、従来の問題点が、クラッド層8のリッジ部分からのストレスに起因し、等価的に2つの井戸層5に引っ張り歪みが生じていた点に鑑み、本発明では、予め、2つの井戸層5に隣接するクラッド層18、23、光ガイド層19、22及び障壁層21に引っ張り歪みを入れておくことにより、等価的に2つの井戸層5に圧縮歪みが生じるように構成したものである。

【0048】従って、クラッド層8のリッジ部分からのストレスに起因する2つの井戸層5に引っ張り歪みは、クラッド層18、23、光ガイド層19、22及び障壁層21の引っ張り歪みによって2つの井戸層5に等価的に生じる圧縮歪みにより相殺することができる。

【0049】これにより、材料の熱膨脹係数に起因する井戸層の歪みはなくなるため、TEモードの光強度がTMモードの光強度よりも大きくなるように設定された半導体レーザ装置において、TMモードの発光が起こり易くなる現象が回避され、TE/TM偏光強度比の分布を、高い値に集中させることができる。

【0050】なお、本実施の形態の場合、引っ張り歪みは、クラッド層18、23、光ガイド層19、22及び障壁層21の全てに設けるのが効果的である。図5は、図4の各層におけるAlの組成比及び歪みΔa/aの程度を示している。

【0051】本発明では、クラッド層18、23、光ガイド層19、22及び障壁層21がそれぞれ引っ張り歪み約-0.2%を有するように構成している。また、2つの井戸層5は、それぞれ圧縮歪み約+0.7%を有するように構成されている。

【0052】次に、上述の第1及び第2実施の形態において、井戸層5の歪みと井戸層5の周辺の層の歪みとがどのような関係にあるかについて説明する。まず、井戸層5の周辺に配置される引っ張り歪みを有する層の合計の厚さをd、この層の引っ張り歪みを(Δa/a)<sub>g</sub>、井戸層5の厚さをL<sub>w</sub>、井戸層5の数をnと仮定すると、井戸層5に生じる圧縮歪み(Δa/a)<sub>w</sub>は、(1)式により表される。

【0053】

$$(\Delta a/a)_w = -(\Delta a/a)_g \times d / (L_w \times n) \quad \dots (1)$$

$$(\Delta a/a)_g = (a^+ - a) / a$$

$$(\Delta a/a)_w = (a^+ - a) / a$$

但し、 $a$ は、基板1の格子定数、 $a^+$ は、井戸層5の周辺に配置される引っ張り歪みを有する層の格子定数、 $a^-$ は、井戸層5の格子定数を表している。

【0054】なお、例えば、上述の第1実施の形態では、引っ張り歪みを有する層は、光ガイド層14、17及び障壁層16であり、上述の第2実施の形態では、引っ張り歪みを有する層は、クラッド層18、23、光ガイド層19、22及び障壁層21である。

$$TE/TM = (m_{hh}/m_{lh}) \cdot \exp(\Delta E_{lh-hh}/kT) \quad \dots (2)$$

但し、 $\Delta E_{lh-hh}$ は、価電子帯中における重い正孔と軽い正孔のエネルギー差を示しており、圧縮歪みが大きくなるほど増加する性質のものである。 $k$ は、ボルツマン定数、 $T$ は、絶対温度である。

$$\Delta E_{lh-hh} = (\Delta a/a)_w \times 6000 [\text{meV}] \quad \dots (3)$$

ところで、一般に、 $TE/TM$ 偏光強度比が50以上であれば、本発明における半導体レーザ装置としては特性的に十分である。

【0058】従って、例えば、 $TE/TM$ 偏光強度比を50以上に設定する場合について考える。この場合、上記(2)式により、 $\Delta E_{lh-hh}$ は、約58 [meV]以上であることが必要である。

【0059】また、上記(3)式より、 $\Delta E_{lh-hh}$ を約★

$$-(\Delta a/a)_g \geq 0.0097 \times L_w \times n / d \quad \dots (4)$$

そこで、井戸層5の歪み(圧縮歪み)を約+0.97%以上とするために必要な引っ張り歪みの量について検討する。

【0061】まず、上述の第1実施の形態の場合について検討する。上述の第1実施の形態の場合、引っ張り歪みを有する層は、光ガイド層14、17及び障壁層16であるため、引っ張り歪みを有する層の合計の厚さ $d$ は、 $25 + 4.0 + 25 = 54.0 \text{ nm}$ となる。また、井戸層5の厚さ $L_w$ は、6.5 nm、井戸層5の数 $n$ は、2つである。

【0062】従って、上記(1)式より、光ガイド層14、17及び障壁層16の引っ張り歪み $(\Delta a/a)_g$ は、約+0.23%以上に設定すればよいことになる。但し、引っ張り歪み $(\Delta a/a)_g$ は、この歪みにより光ガイド層14、17及び障壁層16の格子緩和が発生しない程度に設定する必要がある。つまり、光ガイド層14、17及び障壁層16に格子緩和が発生しない最大の引っ張り歪みが、設定し得る引っ張り歪みの上限となる。

【0063】なお、上述の第1実施の形態の場合、例えば、 $TE/TM$ 偏光強度比を50以上に設定するとき、上述のように、光ガイド層14、17及び障壁層16の引っ張り歪み $(\Delta a/a)_g$ を約+0.23%☆50

\*【0055】半導体レーザ装置におけるTEモードの発光は、重い正孔と電子の再結合による発光であり、TMモードの発光は、軽い正孔と電子の再結合による発光である。ここで、重い正孔の質量を $m_{hh}$ 、軽い正孔の質量を $m_{lh}$ とすると、 $TE/TM$ 発光強度比( $TE/TM$ )は、(2)式により表される。

【0056】

※【0057】また、エネルギー差 $\Delta E_{lh-hh}$ は、井戸層5の歪み $(\Delta a/a)_w$ と(3)式に示すような関係を有している。

★58 [meV]以上とするためには、 $(\Delta a/a)_w$

は、約0.97%以上に設定する必要がある。即ち、井戸層5の歪み(圧縮歪み)が約+0.97%以上となるように、上記(1)式に基づいて、この井戸層5の周辺に、引っ張り歪みを有する層を配置すればよいことになる。

【0060】つまり、以上を式に表せば、以下の(4)式のようになる。

☆以上に設定すればよい。

【0064】そこで、上述の第1実施の形態では、光ガイド層14、17及び障壁層16の引っ張り歪み $(\Delta a/a)_g$ を約-0.6%に設定している。この場合、図6に示すように、半導体レーザ装置の光出力3 mW時における $TE/TM$ 偏光強度比の分布は、約110をピークとするような高い値に集中している。

【0065】つまり、本発明の半導体レーザ装置によれば、井戸層5の周辺に配置される層が引っ張り歪みを有するように構成し、かつ、その引っ張り歪みの量を最適な値に設定することによって、材料の熱膨張係数に起因する歪みなどによりTMモードの発光が起こり易くなる現象を防止することができ、 $TE/TM$ 偏光強度比の分布を高い値に集中させることが可能になる。

【0066】次に、上述の第2実施の形態の場合について検討する。上述の第2実施の形態の場合、引っ張り歪みを有する層は、クラッド層18、23、光ガイド層19、22及び障壁層21であるため、引っ張り歪みを有する層の合計の厚さ $d$ は、 $100 + 25 + 4.0 + 25 + 100 = 254.0 \text{ nm}$ となる。また、井戸層5の厚さ $L_w$ は、6.5 nm、井戸層5の数 $n_w$ は、2つである。

【0067】従って、上記(1)式より、クラッド層1

8, 23、光ガイド層19、22及び障壁層21の引っ張り歪み $(\Delta a/a)_g$ は、約 $-0.05\%$ 以上に設定すればよいことになる。但し、引っ張り歪み $(\Delta a/a)_g$ は、この歪みによりクラッド層18、23、光ガイド層19、22及び障壁層21の格子緩和が発生しない程度に設定する必要がある。つまり、クラッド層18、23、光ガイド層19、22及び障壁層21に格子緩和が発生しない最大の引っ張り歪みが、設定し得る引っ張り歪みの上限となる。

【0068】なお、上述の第2実施の形態の場合、例えば、TE/TM偏光強度比を50以上に設定するとき、上述のように、クラッド層18、23、光ガイド層19、22及び障壁層21の引っ張り歪み $(\Delta a/a)_g$ を約 $-0.05\%$ 以上に設定すればよい。

【0069】そこで、上述の第2実施の形態では、クラッド層18、23、光ガイド層19、22及び障壁層21の引っ張り歪み $(\Delta a/a)_g$ を約 $-0.2\%$ に設定している。

【0070】この場合においても、半導体レーザ装置の光出力3mW時におけるTE/TM偏光強度比の分布は、第1実施の形態と同様に、図6に示すような結果と同様の結果を得ることができた。

【0071】つまり、本発明の半導体レーザ装置によれば、井戸層5の周辺に配置される層が引っ張り歪みを有するように構成し、かつ、その引っ張り歪みの量を最適な値に設定することによって、材料の熱膨脹係数に起因する歪みなどによりTMモードの発光が起こり易くなる現象を防止することができ、TE/TM偏光強度比の分布を高い値に集中させることが可能になる。

【0072】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明の半導体レーザ装置によれば、次のような効果を奏する。井戸層にコンタクトして又は隣接して配置される層が引っ張り歪みを有するように構成し、かつ、その引っ張り歪みの量を最適な値に設定し、等価的に井戸層に所定の圧縮歪みが生じるように構成している。これにより、材料の熱膨脹係数に起因するストレスにより井戸層に生じる引っ張り歪みの影響を相殺することができ、TMモードの発光が起こり易くなる現象を防止することができると共に、TE/TM偏光強度比の分布を高い値に集中させることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施の形態に関わる半導体レーザ

装置を示す図。

【図2】光ガイド層の引っ張り歪みで等価的に井戸層に生じる圧縮歪みを示す図。

【図3】図1の各層のA1組成比と歪みを示す図。

【図4】本発明の第2実施の形態に関わる半導体レーザ装置を示す図。

【図5】図4の各層のA1組成比と歪みを示す図。

【図6】図1の半導体レーザ装置のTE/TM偏光強度比の分布を示す図。

【図7】従来の半導体レーザ装置を示す図。

【図8】図7の各層のA1組成比と歪みを示す図。

【図9】製造時に活性層に生じるストレスの方向を示す図。

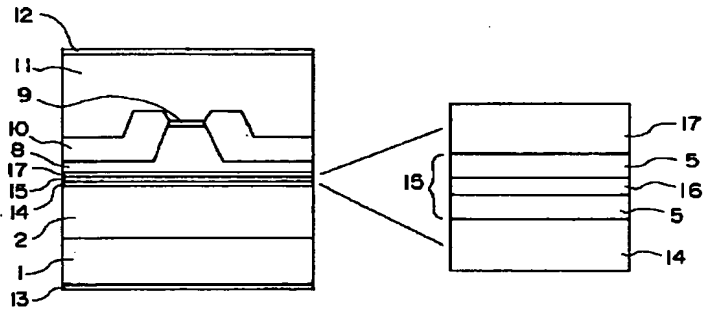
【図10】図7の半導体レーザ装置のTE/TM偏光強度比の分布を示す図。

【符号の説明】

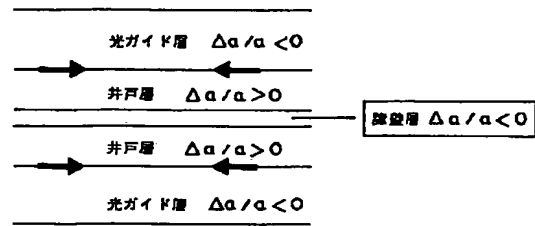
- |           |   |
|-----------|---|
| 1         | : n型GaAs基板1、  |
| 2         | : n型 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}$ Pクラッド層、              |
| 3, 7      | : $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}$ P光ガイド層、                 |
| 4, 15, 20 | : 多重量子井戸活性層、  |
| 5         | : InGaAs井戸層 $(\Delta a/a > 0)$ 、  |
| 6         | : $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_{0.5}$ P障壁層、                   |
| 8         | : p型 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_{0.5}$ Pクラッド層、              |
| 9         | : InGaPコンタクト層、  |
| 10        | : n型GaAs電流ブロック層、  |
| 11        | : p型GaAsコンタクト層、   |
| 12        | : AuZn/Au電極、  |
| 13        | : AuGe/Au電極、  |
| 14, 17    | : $\text{In}_{1-x}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_x$ P光ガイド層 $(\Delta a/a < 0)$ 、 |
| 16        | : $\text{In}_{1-x}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_x$ P障壁層 $(\Delta a/a < 0)$ 、   |
| 18, 23    | : $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{0.3}\text{Al}_{0.7})_y$ Pクラッド層 $(\Delta a/a < 0)$ 、 |
| 19, 22    | : $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_y$ P光ガイド層 $(\Delta a/a < 0)$ 、 |
| 21        | : $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5})_y$ P障壁層 $(\Delta a/a < 0)$ 。   |



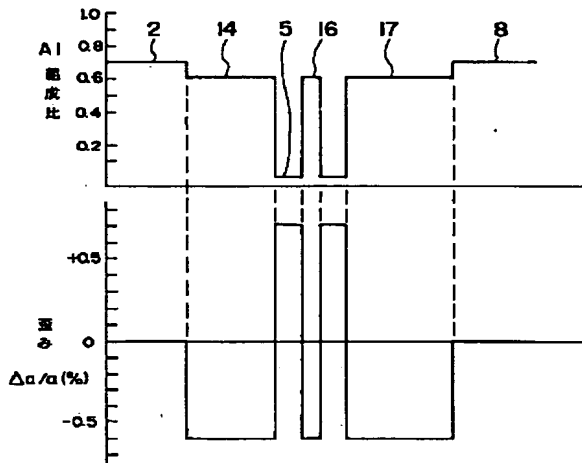
【図1】



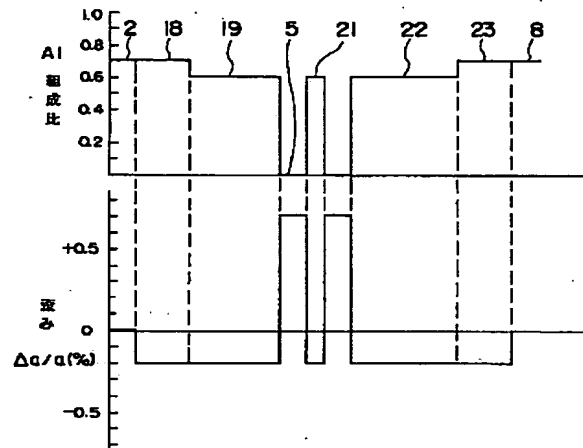
【図2】



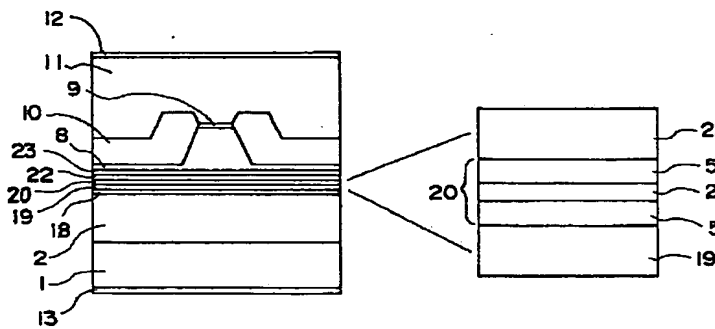
【図3】



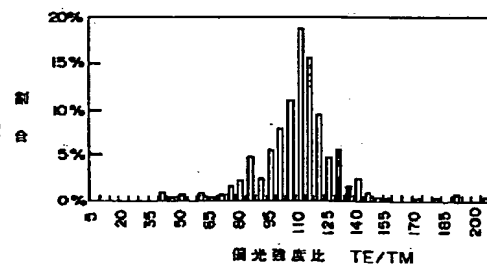
【図5】



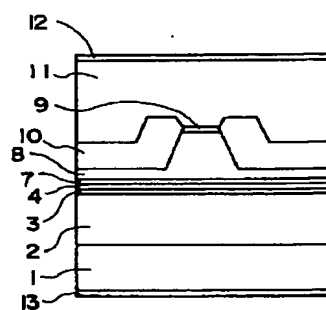
【図4】



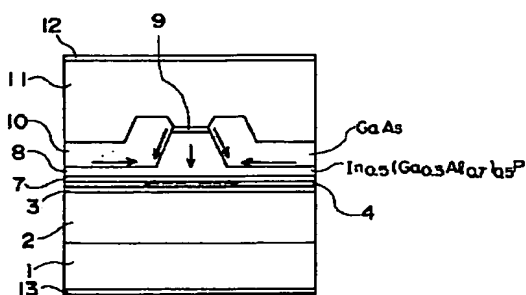
【図6】



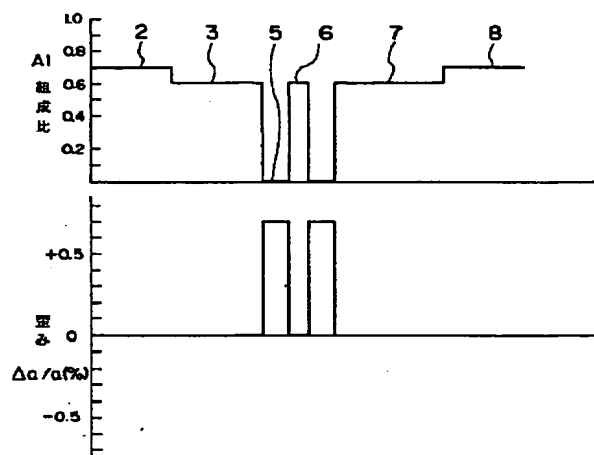
【図7】



【図9】



【図8】



【図10】

